

3. Переработка ламинированной бумаги и картона в целлюлозу и полиэтилен вторичный ПВД // Технологии переработки. . [2011—2017]. URL: <http://bumzavod.ru> (дата обращения: 12.03.2019).

4. Органическое стекло // Википедия. [2019—2019]. Дата обновления: 30.03.2019. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=98939216> (дата обращения: 30.03.2019).

5. Паламарчук А.А., Шишакина О.А., Кочуров Д.В., Аракелян А.Г. Современные технологии получения полиметилметакрилата // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 6.; URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=19300>

---

УДК 674.81

## УТИЛИЗАЦИЯ КОРЫ СОСНЫ С ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНОГО ПЛАСТИКА БЕЗ СВЯЗУЮЩЕГО

Ершова А.С.<sup>1</sup>, Змеева А.И.<sup>1</sup>, Шраер А.В.<sup>1</sup>, Савиновских А.В.<sup>1</sup>,  
Артёмов А.В.<sup>1</sup>, Бурындин В.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический  
университет», г. Екатеринбург

**Ключевые слова:** композит, пресс-сырье, кора сосны, свойства, регрессионный анализ, оптимизация.

**Аннотация.** В результате выполненной работы методом прессования в лабораторных условиях был получен древесный пластик без связующих веществ на основе древесного опила и коры сосны, оценены его физико-механические свойства. Найдены регрессионные зависимости свойств пресс-сырья от содержания в ней коры сосны и древесного опила. Определено оптимальное содержание коры сосны в композите, позволяющее получать материал с оптимальными физико-механическими свойствами пригодными для использования.

## UTILIZATION OF PINE BARK WITH OBTAINING WOOD PLASTIC WITHOUT BINDER

Ershova A.S.<sup>1</sup>, Zmeeva A.I.<sup>1</sup>, Schreyer A.V.<sup>1</sup>, Savinovskih A.V.<sup>1</sup>, Artyemov A.V.<sup>1</sup>,  
Burundin V.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg

**Key words:** composite, press raw materials, pine bark, properties, regression analysis, optimization.

**Abstract.** As a result of the work performed by pressing in the laboratory was obtained wood plastic without binders based on sawdust and pine bark, evaluated its physical and mechanical properties. The regression dependences of the properties of the press material on the content of pine bark and sawdust in it are found. The optimal content of pine bark in the composite, allowing to obtain a material with optimal physical and mechanical properties suitable for use.

Утилизация древесного отхода, такого как древесная кора, является одной из важнейших проблем в комплексном использовании древесного сырья. Пригодность коры для различных видов производства зависит от таких факторов, как химический состав и физико-механические свойства. Кора хвойных деревьев отличается большим содержанием экстрактивных веществ, целлюлозы, золы и пентозанов. Также кора богата питательными веществами, а за счет пористой структуры быстро накапливает и удерживает влагу [1,2].

Одним из решений данной проблемы – это получение древесно-растительных композиционных материалов – древесных пластиков без добавления связующих веществ (ДП-БС) [3]. Цель данной работы – это разработка рецептуры пресс-сырья для получения древесного

композита без связующего на основе древесного опила и коры сосны с высокими физико-механическими свойствами.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- методом математического планирования эксперимента определить оптимальные соотношения содержания древесной коры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в пресс-материале для получения ДП-БС;
- анализ физико-механических свойств пластика в зависимости от фракционного состава и процентного содержания древесных отходов;
- поиск рациональных режимов получения древесно-композиционного материала с заданными эксплуатационными свойствами.

С целью исследования физико-механических свойств древесных пластиков без связующего, полученных методом прессования, была составлена матрица планирования эксперимента на основе регрессионного двухфакторного математического планирования полного факторного эксперимента [4].

В качестве независимых факторов были использованы:

- содержание сосновой коры ( $Z_1, X_1$ ) – от 10 до 30 %;
- фракционный состав пресс-композиции ( $Z_2, X_2$ ) – от 0,7- 1,4 мм.

За выходные параметры взяты: плотность ( $Y(P)$ , г/см<sup>3</sup>), прочность при изгибе ( $Y(\Pi)$ , Мпа), твердость ( $Y(T)$ , МПА), водопоглощение ( $Y(B)$ , %), разбухание ( $Y(L)$ , %) и ударная вязкость ( $Y(A)$ , кДж/м<sup>2</sup>).

На основании составленной матрицы планирования (см. таблица 1) были получены методом плоского горячего прессования образцы-диски в трех параллелях с диаметром 90 мм и толщиной 2 мм. Режимы изготовления образцов: давление прессования – 40 Мпа, температура прессования – 170 °С, время прессования – 10 мин, время охлаждения под давлением – 10 мин, время кондиционирования – 24 ч. Исходная влажность пресс-материала – 12%.

Таблица 1

Матрица эксперимента с натуральными значениями

№ опыта	Кодированное значение факторов		Натуральные значения факторов	
	$X_1$	$X_2$	$Z_1$	$Z_2$
1	1	1	30	1,4
2	1	-1	30	0,7
3	-1	1	10	1,4
4	-1	-1	10	0,7

У полученных образцов ДП-БС после кондиционирования были определены физико-механические свойства. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства ДП-БС (древесный опил и сосновая кора)

№	Натуральные значения факторов		Физико-механические свойства					
	$Z_1$	$Z_2$	$Y(P)$ , г/см <sup>3</sup>	$Y(\Pi)$ , Мпа	$Y(T)$ , Мпа	$Y(B)$ , %	$Y(L)$ , %	$Y(A)$ , кДж/м <sup>2</sup>
1	30	1,4	1046	13,3	56	110	9,0	0,9
2	30	0,7	1201	18,1	46	41	4,0	1,3
3	10	1,4	1079	12,7	72	141	13,0	0,7
4	10	0,7	1205	18,3	45	50	13,0	1,4

Экспериментальные данные были обработаны с использованием средств ПП “Microsoft Excel” и получены уравнения регрессий для значимых параметров оптимизации, с оценкой их достоверности [5].

Высокие значения достоверности для параметров оптимизации, дают основание для применения системы линейных уравнений для описания изучаемых процессов влияния переменных факторов на параметры оптимизации:

- 1) плотность  $Y(P) = 1253,33 - 2,09 \cdot Z_1 \cdot Z_2 + 0,03 \cdot Z_1^2 - 75,517 \cdot Z_2^2$
- 2) прочность при изгибе  $Y(\Pi) = 19,96 - 0,001 \cdot Z_1^2 - 4,11 \cdot Z_2^2 + 0,07 \cdot Z_1 \cdot Z_2$
- 3) твердость  $Y(T) = 43,2 - 0,99 \cdot Z_1 \cdot Z_2 + 0,02 \cdot Z_1^2 + 20,9 \cdot Z_2^2$
- 4) водопоглощение  $Y(B) = 30,85 + 0,04 \cdot Z_1^2 + 78,23 \cdot Z_2^2 - 3,33 \cdot Z_1 \cdot Z_2$
- 5) разбухание  $Y(L) = 2,775 - 0,4 \cdot Z_1 \cdot Z_2 + 0,005 \cdot Z_1^2 + 7,7 \cdot Z_2^2$
- 6) ударная вязкость  $Y(A) = 1,49 + 0,03 \cdot Z_1 \cdot Z_2 - 0,0007 \cdot Z_1^2 - 70,53 \cdot Z_2^2$

Результаты графического анализа полученных уравнений регрессии для физико-механических свойств образцов ДП-БС представлены на рисунке 1.

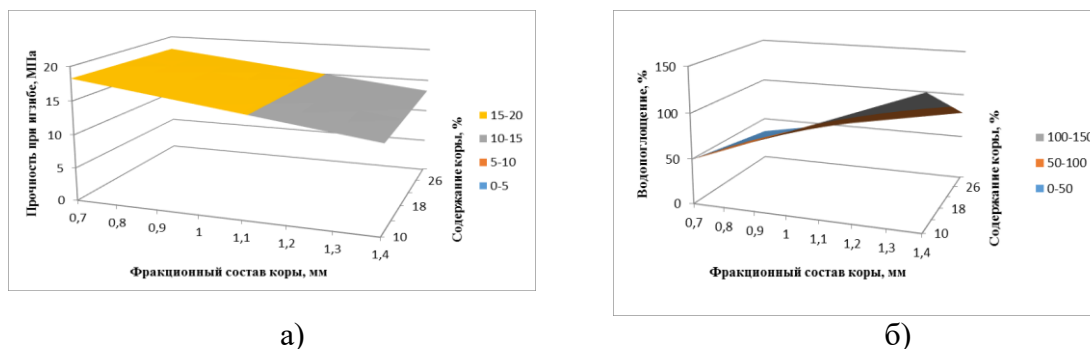


Рисунок 1– Поверхности зависимости физико-механических свойств ДП-БС от фракционного состава и содержания коры: а) прочности при изгибе; б) водопоглощения

При увеличении фракционного состава параметр прочность при изгибе у ДП-БС уменьшается. Так, например, при увеличении фракционного состава прочность при изгибе снижается до 12,7 МПа. При минимальном значении содержания коры (10%) и максимальном значении фракционного состава (1,4 мм) наибольшее водопоглощение составляет 141 %. А при максимальном значении содержания коры (30%) и минимальном значении фракционного состава (0,7 мм) водопоглощение уменьшается до 41%).

С помощью пакета ППП “MicrosoftExcel” «Поиск решения», были найдены рациональные режимы прессования для получения ДП-БС, исходя из условий получения максимального показателя прочности при изгибе и минимальном значении водопоглощения.

Для расчета рациональных значений изучаемых факторов в качестве целевых функций использовали прочность при изгибе и водопоглощение.

Таблица 3

Расчетные и экспериментальные значения физико-механических свойств ДП-БС при рациональных условиях

Физико-механическое свойство	Рецептура №1 (при максимальной прочности при изгибе)		Рецептура №2 (при минимальном водопоглощении)	
	Расчетные значения	Экспериментальные значения	Расчетные значения	Экспериментальные значения
Модуль упругости при изгибе, МПа	5419,5	2164,2	2371,1	2114,5
Прочность при изгибе, МПа	18,54	16,6	12,8	11,2
Твердость, МПа	72,3	71,24	47,4	47,6
Водопоглощение, %	35,5	62,14	35,5	69,04
Разбухание, %	12,8	9,2	2,6	8,8
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	1,4	1,052	0,8	1,885

В результате получены следующие значения рациональных факторов: содержание коры – 24,5 %; фракционный состав коры – 0,7 мм.

В результате получены следующие значения рациональных факторов: содержание коры – 29,1 %; фракционный состав коры – 0,7 мм.

По результатам оптимизации были получены две различные рецептуры. Для подтверждения полученных теоретических значений, по полученным рецептурам были изготовлены образцы и определены их физико-механические свойства. Результаты испытаний приведены в таблице 3. По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы.

1. С уменьшением размеров фракционного состава исходного пресс-сырья (опила, коры) увеличиваются прочностные показатели готовых изделий ДП-БС. Это объясняется увеличением удельной поверхности частиц древесины и коры, которые участвуют в процессе прессования.

2. С увеличением содержания сосновой коры в исходном пресс-сырье увеличиваются показатели водостойкости готовых материалов. Это может быть связано с тем, что вещества присутствующие в коре древесины придают гидрофобные свойства готовым пластикам.

3. В результате проведенных исследований показано, что возможно получение с приемлемыми физико-механическими свойствами ДП-БС на основе древесных отходов в виде опила с добавлением коры сосновой.

### Список литературы

1. Об отходах производства и потребления. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ.
2. Кононов, Г.Н. Химия древесины и её основных компонентов: учебное пособие для студентов специальностей 2602.00, 2603.00 / Г.Н. Кононов – М.: МГУЛ, 1999. – 247 с.
3. Артёмов, А. В. Разработка технологии получения изделий экструзией из древесных отходов без добавления синтетических связующих]: автореф. Дис. ... канд. техн. наук (10.05.2010) / Артёмов Артём Вячеславович; УГЛТУ. Екатеринбург, 2010. – 16 с.
4. Ахназарова, С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. М.: Высшая школа, 1985. – 349 с.
5. Курицкий, Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0 / Б.Я. Курицкий. С-Пб.: BHV – Санкт-Петербург, 1997. – 384 с.

УДК 330.322.212

## УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРОЕКТОМ НА ПРИМЕРЕ МОДЕРНИЗАЦИИ КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Нелюбина Т.А.<sup>1</sup>, Глезман Е.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная  
компания», г. Пермь

**Ключевые слова:** Нелинейный, производственный, проект, управление, модернизация, параметры порядка, недетерминированный, SCRUM.

**Аннотация.** Необходимость кратко сократить сроки реализации нелинейного производственного проекта по модернизации картоноделательной машины вынудила команду проекта отказаться от классической технологии управления проектом и перейти на SCRUM. Стандартный SCRUM не подходил к управлению именно производственным проектом и был модифицирован на основе недетерминированного алгоритма решения дискретных задач и параметров порядка социально-экономической системы. Достигнутый результат – основные параметры проекта улучшены в 2-3 раза по отношению к средним показателям по отрасли.